



19 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

12 **Offenlegungsschrift**
10 **DE 102 48 852 A 1**

51 Int. Cl. 7:
B 60 T 8/00

21 Aktenzeichen: 102 48 852.5
22 Anmeldetag: 19. 10. 2002
43 Offenlegungstag: 22. 5. 2003

DE 102 48 852 A 1

66 Innere Priorität:
101 54 424. 3 06. 11. 2001

71 Anmelder:
Continental Teves AG & Co. oHG, 60488 Frankfurt,
DE

72 Erfinder:
Ullrich, Thorsten, Dr., 64579 Gernsheim, DE; Giers,
Bernhard, 60320 Frankfurt, DE; Gurzawski, Timo,
63533 Mainhausen, DE

56 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
zu ziehende Druckschriften:

DE 199 47 757 C1
DE 199 31 081 A1
DE 198 44 096 A1
DE 198 04 676 A1
DE 100 05 591 A1

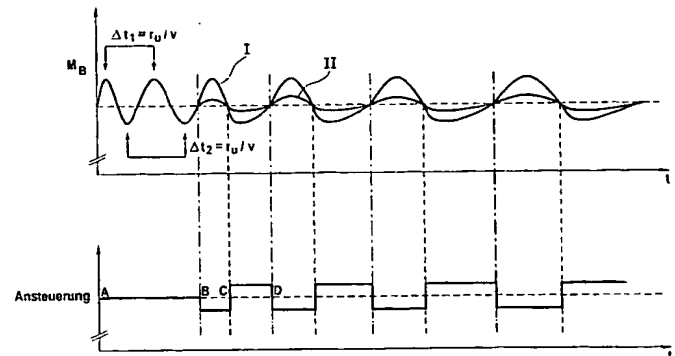
Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

54 Verfahren zur Kompensation von Bremsmomentschwankungen bei einer Kraftfahrzeugbremsanlage

57 Die Erfindung betrifft Verfahren zur Kompensation von Bremsmomentschwankungen bei einer Kraftfahrzeugbremsanlage mit elektrohydraulischen oder -mechanischen Mitteln zur Beeinflussung von am Fahrzeuggrad wirksamen Bremsmomenten, mit Mitteln zum Sensieren dieser Bremsmomente, ggf. mit Mitteln zu deren aktiver Dämpfung, sowie mit einer elektronischen Steuereinheit, der von den Mitteln zum Sensieren der Bremsmomente gelieferte Informationen zugeführt werden und die der Ansteuerung der elektrohydraulischen oder -mechanischen Mittel, ggf. der Mittel zur aktiven Dämpfung der Bremsmomente dient.

Das erste erfindungsgemäße Verfahren basiert auf der aktiven Dämpfung niederfrequenter (radumdrehungssynchroner) Schwingungen (Bremsenrubbeln, Lenkradflattern), die dadurch erreicht wird, dass beim Erkennen der genannten Schwingungen das durch die elektrohydraulischen oder -mechanischen Mittel eingeprägte Bremsmoment gegenphasig zur erkannten Bremsmomentschwankung moduliert wird.

Das zweite erfindungsgemäße Verfahren behandelt die hochfrequenten Schwingungen (Stick-Slip zwischen Bremsscheibe und Bremsbelag, Bremsenquietschen), indem die elektrohydraulischen oder -mechanischen Mittel derart angesteuert werden, dass Bereiche von Bremsmomenten, die hochfrequente Bremsmomentschwankungen verursachen, umgangen werden.



DE 102 48 852 A 1

[0001] Die Erfindung betrifft Verfahren zur Kompensation von Bremsmomentschwankungen bei einer Kraftfahrzeugbremsanlage mit elektrohydraulischen oder -mechanischen Mitteln zur Beeinflussung von am Fahrzeugrad wirksamen Bremsmomenten, mit Mitteln zum Sensieren dieser Bremsmomente, ggf. mit Mitteln zu deren aktiver Dämpfung, sowie mit einer elektronischen Steuereinheit, der von den Mitteln zum Sensieren der Bremsmomente gelieferte Informationen zugeführt werden und die der Ansteuerung der elektrohydraulischen oder -mechanischen Mittel, ggf. der Mittel zur aktiven Dämpfung der Bremsmomente dient.

[0002] Ein derartiges Verfahren ist z. B. aus der DE 198 04 676 A1 bekannt. Bei der Durchführung des vorbekannten Verfahrens werden insbesondere an den Bremsen auftretende Quietschgeräusche messtechnisch erfasst und durch Modulation des Anpressdruckes der Bremsbeläge eliminiert. Die messtechnische Erfassung erfolgt mittels an den Bremsen angebrachter Beschleunigungsaufnehmer oder Mikrofone. Die Verwendung der genannten messtechnischen Mittel ist jedoch mit zusätzlichem Kostenaufwand verbunden.

[0003] Es ist daher Aufgabe der vorliegenden Erfindung, Verfahren zur Kompensation von Bremsmomentschwankungen der oben genannten Art anzugeben, bei deren Durchführung keine aufwendigen Messmittel erforderlich sind.

[0004] Eine erste erfindungsgemäße Lösung dieser Aufgabe besteht darin, dass beim Erkennen von niederfrequenten bzw. radumdrehungssynchron auftretenden Bremsmomentschwankungen das durch die elektrohydraulischen oder -mechanischen Mittel eingeprägte Bremsmoment gegenphasig zur erkannten Bremsmomentschwankung moduliert wird.

[0005] Bei einer vorteilhaften Weiterbildung des erfindungsgemäßen Verfahrens erfolgt die Erkennung der niederfrequenten bzw. radumdrehungssynchron auftretenden Bremsmomentschwankungen durch Ermitteln des zeitlichen Abstands lokaler Extrema des sensierten Bremsmomentverlaufs sowie durch einen Vergleich des zeitlichen Abstands mit der Dauer einer Radumdrehung, wobei bei einer Übereinstimmung bzw. einer geringen Abweichung auf eine niederfrequente bzw. radumdrehungssynchron auftretende Bremsmomentschwankung geschlossen wird.

[0006] Eine zweite erfindungsgemäße Lösung der vorhin gestellten Aufgabe besteht darin, dass die elektrohydraulischen oder -mechanischen Mittel derart angesteuert werden, dass Bereiche von Bremsmomenten, die hochfrequente Bremsmomentschwankungen verursachen, umgangen werden.

[0007] Dabei ist es besonders vorteilhaft, wenn die Ansteuerung der elektrohydraulischen oder -mechanischen Mittel derart erfolgt, dass das Gesamtbremsmoment bzw. die Summe der Bremsmomente aller Fahrzeugräder unverändert bleibt. Die Bereiche der zu umgehenden Bremsmomente werden vorzugsweise in Versuchen ermittelt und in der elektronischen Steuereinheit abgespeichert.

[0008] Sofern die Bereiche der zu umgehenden Bremsmomente von der Bremsentemperatur abhängig sind, ist es sinnvoll, wenn zur Anpassung dieser Bereiche ein Bremsentemperaturmodell herangezogen wird.

[0009] In einem gesonderten Diagnose-Modus der elektronischen Steuereinheit können die Bereiche der zu umgehenden Bremsmomente beim Auftreten eines hochfrequenten Geräusches durch Betätigen eines elektrischen Schaltelementes erfasst bzw. fahrzeugindividuell vorgegeben werden. Diese Variante ist insbesondere für den Werkstattbe-

trieb in Verbindung mit einem Bremsenservice (z. B. Belagwechsel) vorteilhaft.

[0010] Sofern geeignete Zusatzsensorik im Fahrzeug vorhanden ist, kann das Auftreten eines hochfrequenten Geräusches durch Körperschallaufnehmer erfasst werden, die beispielsweise an den Radaufhängungen angebracht sind.

[0011] Die elektrohydraulischen Mittel können dabei vorzugsweise durch jeder hydraulischen Fahrzeugradbremse zugeordnete Druckregelventile gebildet sein, während die elektromechanischen Mittel durch jeder elektromechanisch betätigbaren Fahrzeugradbremse zugeordnete Aktuatoren gebildet sind.

[0012] Die beiden vorhin beschriebenen Verfahren sind im folgenden mit weiteren Einzelheiten näher erläutert. Die Fig. 1 der beiliegenden Zeichnung zeigt die Signalverläufe bei einer aktiven Dämpfung von niederfrequenten bzw. radumdrehungssynchronen Bremsmomentschwankungen (Bremsenrubbeln, Lenkgradflattern), wobei in Fig. 1a der zeitliche Verlauf des effektiven Bremsmoments M_B dargestellt ist, während in Fig. 1b der zeitliche Verlauf des Signals zur Ansteuerung der Druckregelventile einer elektrohydraulischen Bremsanlage oder der Aktuatoren einer elektromechanisch betätigbaren Bremsanlage gezeigt ist. Die Fig. 2 zeigt diagrammatische Darstellungen der Abhängigkeit der Radbremsmomente von dem vom Fahrzeugführer angegebenen Fahrerverzögerungswunsch bzw. dem Gesamtbremsmoment des Fahrzeugs.

[0013] Bei der Durchführung des im Zusammenhang mit Fig. 1 nachfolgend erläuterten ersten Verfahrens wird zunächst davon ausgegangen, dass bei jedem Bremsvorgang durch Ansteuerung von hydraulischen Druckregelventilen (bei einer elektrohydraulischen Bremsanlage), bzw. von Aktuatoren (einer elektromechanisch betätigbaren Bremsanlage), die den Fahrzeugradbremsen zugeordnet sind, dem Bremssystem ein Bremsmoment eingepreßt wird, das in der Zeichnung nicht dargestellt ist. Dickenschwankungen der Bremsscheibe oder deren Schlag führen zu einer radumdrehungssynchronen Schwankung des effektiven Bremsmomentes M_B , dessen Verlauf mit I bezeichnet wird. Mit abnehmender Fahrzeuggeschwindigkeit nimmt die Schwingungsfrequenz ab, wobei die Amplitude durch das absolute Niveau des hydraulischen Bremsdruckes bzw. der Zuspannkraft bestimmt wird. Bestandteile des erfindungsgemäßen Verfahrens sind die Erkennung der radumdrehungssynchronen Schwingungen und die gegenphasige Beaufschlagung der Radbremse nach erfolgter Erkennung. Der Erkennungsalgorithmus beruht auf der Beobachtung des wirksamen Bremsmomentes M_B , das bei Bremssystemen der vorhin genannten Gattung, den sog. Brake-by-wire-Systemen, als Sensorinformation zur Verfügung steht. Wie bereits erwähnt wurde, handelt es sich hierbei um den Bremsdruck bzw. die Zuspannkraft der elektromechanischen Bremse. Dieses Signal wird in einer Phase mit konstanter Beaufschlagung der Bremse (Abschnitt AB in Fig. 1b) - konstantes Druckmittelvolumen bzw. konstante Motoransteuerung - hinsichtlich seiner Extrema ausgewertet. Entspricht der zeitliche Abstand zweier Maxima Δt_1 und zweier Minima Δt_2 mit einer ausreichenden Genauigkeit der Periodenlänge, die durch den (bekannten) Radumfang r_0 und die momentane Radgeschwindigkeit v bestimmt wird, wird auf eine radumdrehungssynchrone Schwankung geschlossen.

[0014] In der sich an die Erkennung anschließenden Kompensationsphase bzw. der Phase der aktiven Dämpfung wird beginnend mit dem nächsten Nulldurchgang, dessen zeitliche Lage aus dem Zeitpunkt des letzten Extremis, dem Radumfang und der Radgeschwindigkeit berechnet wird, eine gegenphasige Beaufschlagung der Radbremse vorgenommen, die bei einer elektrohydraulischen Bremsanlage durch

Änderungen des der Radbremse zugeführten Druckmittelvolumens und bei einer elektromechanisch betätigbaren Bremse durch Änderungen der Motoransteuerung erreicht wird. Wie der Zeichnung eindeutig zu entnehmen ist, erfolgt im Zeitintervall BC eine Reduzierung des Druckmittelvolumens, vorzugsweise durch Öffnen eines Auslassventils, bzw. eine Senkung der vom Aktuator aufgebrachten Spannkraft durch Senkung des dem Aktuator zugeführten Stroms. Im darauf folgenden Zeitintervall CD erfolgt dagegen eine Erhöhung des Druckmittelvolumens, vorzugsweise durch Öffnen eines Einlassventils, bzw. eine Erhöhung der vom Aktuator aufgebrachten Spannkraft durch Erhöhung des dem Aktuator zugeführten Stroms. Der Verlauf des resultierenden Bremsmomentes mit aktiver Dämpfung ist in Fig. 1a mit dem Bezugszeichen II bezeichnet.

[0015] Hochfrequente Bremsmomentschwankungen (Stick-Slip, Bremsenquietschen) treten im allgemeinen nicht im gesamten Betriebsbereich der Radbremsen auf, sondern sind auf bestimmte Druck- oder Zuspännkraftbereiche begrenzt. Wie in Fig. 2 dargestellt ist, können diese akustisch kritischen Bereiche im Rahmen der bei Brakeby-wire-Systemen vorzusehenden Bremskraftverteilung gezielt umgangen werden. Wie bereits erwähnt wurde, zeigt Fig. 2 die Verteilung des (durch den Fahrer angeforderten) Gesamtbremsmomentes auf die Radbremsen der Vorder- (VA) und der Hinterachse (HA). Hierbei wird die aus der Fahrzeugkonfiguration (Geometrie, Massenverteilung) abgeleitete ideale Bremskraftverteilung angenähert. Der akustisch kritische Bereich wird in der Darstellung durch zwei Geraden Rbm_1 , Rbm_2 begrenzt.

[0016] Im dargestellten Beispiel wird mit zunehmendem Gesamtbremsmoment der kritische Druck- bzw. Zuspännkraftbereich zunächst an der Hinterachse erreicht (Punkt 1). Abweichend von der sonst angewandten Bremskraftverteilung wird zur Vermeidung von Quietschgeräuschen nun der Druck (bzw. die Zuspännkraft) der der Hinterachse zugeordneten Radbremsen konstant gehalten, wobei das steigende Gesamtbremsmoment durch eine stärkere Beaufschlagung der der Vorderachse zugeordneten Radbremsen (im Bereich zwischen den Punkten 1 und 2) realisiert wird.

[0017] Ist das vom Fahrer angeforderte Gesamtbremsmoment so groß, dass der kritische Bereich von der ursprünglichen Bremskraftverteilungskennlinie wieder verlassen wird, so wird (im Punkt 2) auf diese Kennlinie zurück geschaltet. Hierbei erfolgt das Umschalten nicht schlagartig, sondern mit einem wählbaren Gradienten, um un stetige Bremskraftverläufe zu vermeiden. Durch eine geeignete Hysterese des Umschaltpunktes wird ein dauerndes Umverteilen verhindert. Ein analoges Vorgehen wird beim Eintreten der der Vorderachse zugeordneten Radbremsen angewandt (Punkte 3 und 4).

[0018] Der akustisch kritische Bereich (wobei auch mehr als ein Bereich realisierbar ist) kann auf unterschiedliche Arten festgelegt bzw. ermittelt werden: So können beispielsweise in Prüfstands- oder Fahrzeugversuchen Geräusche detektiert und dem jeweils herrschenden Druck- (bzw. Zuspännkraft-) Niveau zugeordnet werden. In der Software der vorhin erwähnten elektronischen Steuereinheit kann der so ermittelte Bereich dann einmalig als fester Parameter abgelegt werden. Sofern der kritische Bereich von der Bremsentemperatur abhängig ist, ist seine Anpassung in der Software der elektronischen Steuereinheit anhand eines Bremsentemperaturmodells realisierbar. Außerdem kann der kritische Bereich beim Auftreten von Bremsenquietschen in einem gesonderten Diagnose-Modus der elektronischen Steuereinheit durch Betätigen eines elektrischen Schaltelementes, beispielsweise eines Tasters, fahrzeugindividuell vorgegeben werden. Diese Möglichkeit ist insbesondere für den

Werkstattbetrieb in Verbindung mit einem Bremsenservice (z. B. Belagwechsel) vorteilhaft.

[0019] Sofern geeignete Zusatzsensorik im Fahrzeug, beispielsweise Körperschallaufnehmer an den Radaufhängungen, vorhanden ist, können die kritischen Bereiche automatisch fahrzeugindividuell ermittelt und über der Lebensdauer nachgeführt werden.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Kompensation von Bremsmomentschwankungen bei einer Kraftfahrzeugbremsanlage mit elektrohydraulischen oder -mechanischen Mitteln zur Beeinflussung der am Fahrzeugrad wirksamen Bremsmomente, mit Mitteln zum Sensieren dieser Bremsmomente sowie mit Mitteln zu deren aktiver Dämpfung, sowie mit einer elektronischen Steuereinheit, der von den Mitteln zum Sensieren der Bremsmomente gelieferte Informationen zugeführt werden und die der Ansteuerung der elektrohydraulischen oder -mechanischen Mittel sowie der Mittel zur aktiven Dämpfung der Bremsmomente dient, **dadurch gekennzeichnet**, dass beim Erkennen von niederfrequenten bzw. radumdrehungssynchron auftretenden Bremsmomentschwankungen das durch die elektrohydraulischen oder -mechanischen Mittel eingeprägte Bremsmoment gegenphasig zur erkannten Bremsmomentschwankung moduliert wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Erkennung der niederfrequenten bzw. radumdrehungssynchron auftretenden Bremsmomentschwankungen durch Ermitteln des zeitlichen Abstands lokaler Extrema des sensierten Bremsmomentverlaufs sowie durch einen Vergleich des zeitlichen Abstands mit der Dauer einer Radumdrehung erfolgt, wobei bei einer Übereinstimmung bzw. einer geringen Abweichung auf eine niederfrequente bzw. radumdrehungssynchron auftretende Bremsmomentschwankung geschlossen wird.
3. Verfahren zur Kompensation von Bremsmomentschwankungen bei einer Kraftfahrzeugbremsanlage mit elektrohydraulischen oder -mechanischen Mitteln zur Beeinflussung der am Fahrzeugrad wirksamen Bremsmomente, mit Mitteln zum Sensieren dieser Bremsmomente sowie mit einer elektronischen Steuereinheit, der von den Mitteln zum Sensieren der Bremsmomente gelieferte Informationen zugeführt werden und die der Ansteuerung der elektrohydraulischen oder -mechanischen Mittel dient, **dadurch gekennzeichnet**, dass die elektrohydraulischen oder -mechanischen Mittel derart angesteuert werden, dass Bereiche von Bremsmomenten, die hochfrequente Bremsmomentschwankungen verursachen, umgangen werden.
4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Ansteuerung der elektrohydraulischen oder -mechanischen Mittel derart erfolgt, dass das Gesamtbremsmoment bzw. die Summe der Bremsmomente aller Fahrzeugräder unverändert bleibt.
5. Verfahren nach Anspruch 3 oder 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Bereiche der zu umgehenden Bremsmomente in Versuchen ermittelt und in der elektronischen Steuereinheit abgespeichert werden.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 3 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass zur Anpassung der Bereiche der zu umgehenden Bremsmomente ein Bremsentemperaturmodell herangezogen wird.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 3 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Bereiche der zu umge-

henden Bremsmomente beim Auftreten eines hochfrequenten Geräusches durch Betätigen eines elektrischen Schaltelementes erfasst werden.

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 3 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass das Auftreten eines hochfrequenten Geräusches durch Körperschallaufnehmer erfasst wird. 5

9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die elektrohydraulischen Mittel durch jeder hydraulischen Fahrzeugradbremse zugeordnete Druckregelventile gebildet sind. 10

10. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass die elektromechanischen Mittel durch jeder elektromechanisch betätigbaren Fahrzeugradbremse zugeordnete Aktuatoren gebildet sind. 15

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

Fig. 1a

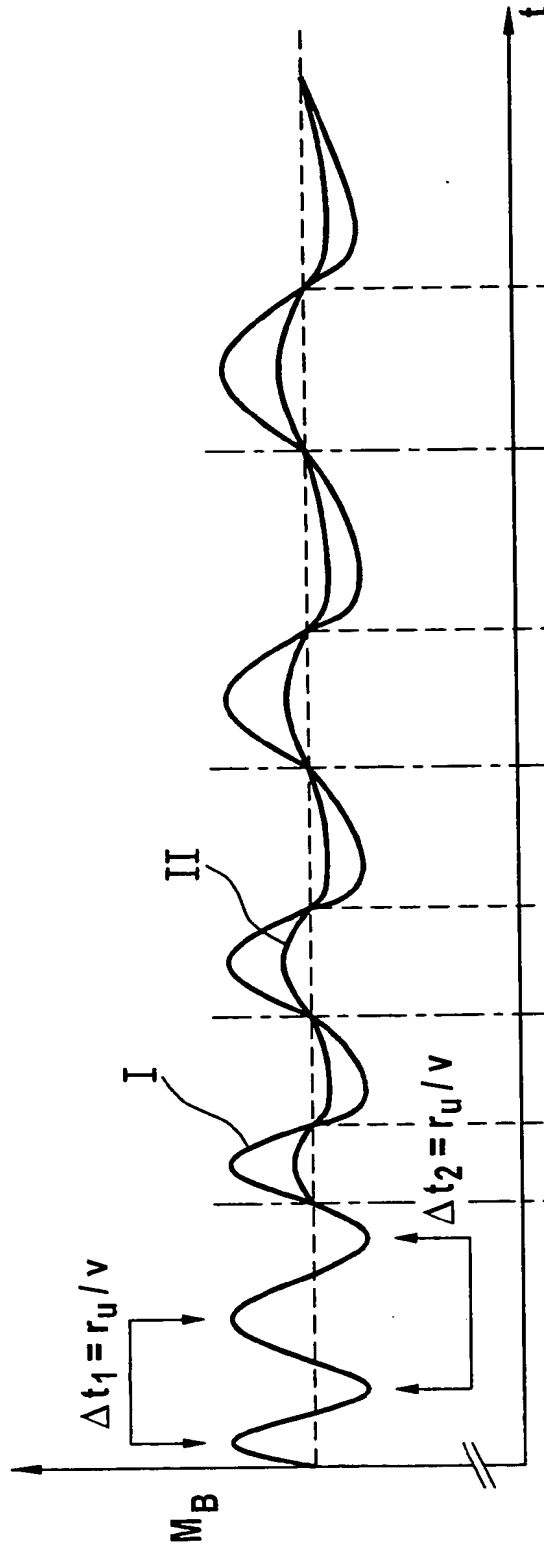


Fig. 1b

